

华东地区绿色物流效率评价研究——基于SBM超效率及ML指数

赵中瑞, 刘文昌*

辽宁工业大学经济管理学院, 辽宁 锦州

收稿日期: 2025年6月25日; 录用日期: 2025年7月27日; 发布日期: 2025年8月4日

摘要

基于华东六省一市2010~2022年的面板数据, 本研究测度了考虑能源消耗与碳排放约束下的区域绿色物流效率。超效率SBM模型用于评估静态效率水平及其时空分异特征, ML指数则用于分解全要素生产率变动, 探究效率动态演进的内在动力。结果表明: 静态效率呈现显著梯度分化, 上海长期处于领先地位, 江苏、安徽构成第二梯队, 福建、浙江、山东、江西效率相对较低, 且驱动模式各异。动态演进呈现三阶段特征: 2010~2015年波动调整期、2016~2019年技术转型期、2020~2022年韧性重构期。技术进步(TC)是推动华东地区绿色物流效率增长的核心驱动力, 普遍高于技术效率(EC)的贡献。疫情冲击下虽导致技术效率显著下滑, 但技术进步逆势增长, 成为支撑效率快速恢复的关键韧性因素。

关键词

绿色物流效率评价, 华东地区, 超效率SBM模型, Malmquist-Luenberger指数, 碳排放

Research on the Efficiency Evaluation of Green Logistics in East China—Based on SBM Super-Efficiency and ML Index

Zhongrui Zhao, Wenchang Liu*

School of Economics and Management, Liaoning University of Technology, Jinzhou Liaoning

Received: Jun. 25th, 2025; accepted: Jul. 27th, 2025; published: Aug. 4th, 2025

Abstract

Based on the panel data of six provinces and one municipality in East China from 2010 to 2022, this

*通讯作者。

文章引用: 赵中瑞, 刘文昌. 华东地区绿色物流效率评价研究——基于 SBM 超效率及 ML 指数[J]. 可持续发展, 2025, 15(8): 36-45. DOI: 10.12677/sd.2025.158219

study measures the regional green logistics efficiency under the constraints of energy consumption and carbon emissions. The super-efficiency SBM model is used to evaluate the static efficiency level and its spatio-temporal differentiation characteristics, while the ML index is employed to decompose the changes in total factor productivity and explore the internal driving forces of efficiency dynamic evolution. The results show that the static efficiency presents a significant gradient differentiation. Shanghai has been in an absolute leading position for a long time, Jiangsu and Anhui form the second tier, and Fujian, Zhejiang, Shandong, and Jiangxi have relatively lower efficiency, with different driving modes. The dynamic evolution shows three-stage characteristics: the fluctuation adjustment period from 2010 to 2015, the technology dividend period from 2016 to 2019, and the resilience reconstruction period from 2020 to 2022. Technological progress (TC) is the core driving force for the growth of green logistics efficiency in East China, generally contributing more than technical efficiency (EC). Although the technological efficiency significantly declined under the impact of the epidemic, technological progress increased against the trend, becoming a key resilient factor supporting the rapid recovery of efficiency.

Keywords

Green Logistics Efficiency Evaluation, East China Region, Super-Efficiency SBM Model, Malmquist-Luenberger Index, Carbon Emissions

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球气候变化加剧与资源环境约束趋紧的背景下,推动物流行业绿色转型已成为实现经济高质量发展与“双碳”目标的重要路径。华东地区作为我国经济最活跃、产业链最完整的区域之一,其物流规模占全国总量近40%,既是经济增长的重要引擎,也是能源消耗与碳排放的关键领域。然而,在传统物流模式仍占主导的现状下,高能耗、高排放问题日益凸显,亟需构建资源节约、环境友好的绿色物流体系。

当前,绿色物流效率的科学评价是推动行业可持续发展的关键环节。尽管现有研究已尝试采用数据包络分析(DEA)等方法对物流效率进行测度,但多数存在两大局限:一是未能有效整合碳排放、污染物等非期望产出,难以真实反映“绿色”内涵;二是传统模型难以区分效率前沿面上的决策单元,导致高效地区效率值趋同,限制政策分析的精准性。

为克服上述不足,本研究引入超效率SBM模型与Malmquist-Luenberger (ML)指数构建综合评价框架。超效率SBM模型通过松弛变量测度与非径向优化,在考虑能源投入与环境负产出的同时,实现对有效决策单元的进一步区分;而ML指数则从动态视角分解技术效率变动与技术前沿进步,揭示绿色物流效率增长的内在动力。二者结合,可全面刻画华东地区绿色物流效率的静态水平与动态演进特征。

本研究聚焦华东六省一市(上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东),基于2010~2022年面板数据,实证分析区域绿色物流效率的时空分异、演变趋势及影响因素。研究旨在为地方政府制定差异化减排政策、优化物流资源配置提供理论依据,也为全国绿色物流体系建设提供区域实践范式。

2. 文献综述

学者们大多以全国、区域、省份、为研究对象对物流效率进行评价分析。

全国层面,Markovits-Somogyi (2014)运用新的DEA-PC(两两比较)方法对29个欧洲国家的物流效率进行了检验,并与原始DEA方法的结果进行了比较[1]。刘华军(2021)等学者以全国30个省份为样本数

据,对中国物流业效率的时空格局进行分析[2]。毕延超(2024)以我国 30 省份(市、自治区)作为研究对象,利用三段式的 DEA 模型分析测算绿色物流效率[3]。刘小兰(2023)等学者对中国 30 个省市区 2003~2018 年的物流业绿色发展效率、绿色全要素生产率及其分解情况进行测度分析[4]。武佩剑(2022)等学者对 2012~2018 年中国 30 个省区市的绿色物流效率进行测度,并将测度结果用于模糊集定性比较分析(fsQCA)[5]。

区域层面,何景师(2021)等作者研究我国三大湾区城市群绿色物流效率及影响因素,构建非期望产出的绿色物流效率投入产出指标,通过 Malmquist 指数和超效率 SBM 模型分析绿色物流效率的变动趋势,并利用 Tobit 模型对其影响因素进行回归分析[6]。薛阳(2022)等作者在黄河流域九省区绿色物流投入产出效率测度的基础上,运用 SFA 方法分离随机噪声干扰,并完成投入产出效率评价与分析[7]。原雅坤(2024)为完成“双碳”目标分别计算了黄河流域 9 省区在考虑碳排放前后的物流效率,并对此做出了对比分析[8]。徐超毅(2023)等作者以 2005~2019 年华东地区“六省一市”的物流业作为研究对象,运用超效率 SBM-DEA 模型构建投入产出体系,测度物流业绿色发展静态效率值,利用全局参比 Malmquist 指数对绿色全要素生产率进行分解,研究绿色物流动态变化趋势。选取部分截面数据绘制绿色发展效率的空间分布图,进一步分析华东地区绿色物流发展的空间变化[9]。

省份层面来看,刘宇(2024)等学者运用 DEA 模型和 Malmquist 指数模型分别从静态和动态两个维度分析了 2012~2021 年江西省 11 个设区市的物流效率时空变化[10]。刘盼盼(2022)以云南为研究对象,基于西南地区五省的面板数据,采用 DEA-CCR 模型和 DEA-BCC 模型,测算西南地区五省的物流综合技术效率和规模效率,从而对比分析云南物流效率水平[11]。李卫忠(2021)等学者选取 2001~2019 年的时间序列数据,采用 DEA 法对广东省物流业在不考虑环境资源约束条件下与考虑环境资源约束条件下的两种技术效率进行测算,并运用协整检验方法研究了环境规制因素与广东省物流业绿色技术效率之间的动态关系[12]。张永胜(2022)分析了广西省物流效率,采用广西 2010~2019 年物流相关数据,通过 DEA(数据包络分析)方法进行物流综合效率、技术效率和规模效率分析,以期促进广西地区物流的发展[13]。洪文静(2024)通过建立以交通运输和仓储及邮政业就业人员、交通运输支出、等级公路里程为投入指标,以公路货物运输量、交通运输和仓储及邮政业增加值为产出指标的物流投入产出指标体系,运用 DEA 模型测度安徽省 2021 年 16 个地级市的物流综合效率、物流纯技术效率和物流规模效率[14]。

3. 评价模型与指标构建

3.1. 评价模型

3.1.1. 超效率 SBM

$$\min \rho = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 + \frac{1}{q_1 + q_2} \left(\sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{t=1}^{q_2} \frac{s_t^{b-}}{b_{rk}} \right)}$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- \leq x_{ik} \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj} \lambda_j + s_r^+ \geq y_{rk} \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n b_{tj} \lambda_j - s_t^{b-} \leq b_{tk} \\ 1 + \frac{1}{q_1 + q_2} \left(\sum_{r=1}^{q_1} \frac{s_r^+}{y_{rk}} + \sum_{t=1}^{q_2} \frac{s_t^{b-}}{b_{rk}} \right) > 0 \end{cases}$$

当 $\rho^* = 1$ ，且， $s_i^- = s_r^+ = s_t^{b^-} = 0$ 时表示决策单元有效；

当 $\rho^* > 1$ ，且 $s_i^- = s_r^+ = s_t^{b^-} = 0$ 时，表示决策单元有效，且 ρ^* 越大效率越高；

当 $\rho^* < 1$ ，且 s_i^- 、 s_r^+ 、 $s_t^{b^-}$ 中存在某个不等于零时，表示决策单元无效。

3.1.2. ML 指数模型

$$ML_t^{t+1} = \left[\frac{1 + \bar{D}_0^t(x^t, y^t, b^t; g^t)}{1 + \bar{D}_0^t(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})} \right] \times \left[\frac{1 + \bar{D}_0^{t+1}(x^t, y^t, b^t; g^t)}{1 + \bar{D}_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$ML_t^{t+1} = TC^{t+1} \times EC_t^{t+1}$$

当 ML 指数 > 1 时，表示研究对象从 t 期到 $t+1$ 期的全要素生产率呈现上升趋势；当 ML 指数 < 1 时，表示研究对象从 t 期到 $t+1$ 期的全要素生产率呈下降趋势；当 ML 指数 $= 1$ 时，表示研究对象从 t 期到 $t+1$ 期的全要素生产率没有改变。技术进步率指数(TC)衡量了决策单元在从 t 期到 $t+1$ 期内生产前沿面的移动情况，当 $TC > 1$ 时，说明技术进步推动生产前沿向外扩张，这意味着决策单元在朝着期望产出增加、非期望产出减少的方向上偏移，以实现更高效的生产，从而促进了绿色效率的提高，反之则说明技术在退步。EC 衡量对最佳实践边界追赶带来的技术效率变化，大于 1 表示技术效率增进，等于 1 表示不存在增进，小于 1 表示技术效率退化。

3.2. 指标构建

本文选取投入指标和产出指标数据来源于 2010~2022 年的《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》最终统计整理得到华东地区物流业相关面板数据。(如表 1)

Table 1. Green logistics efficiency input-output indicators

表 1. 绿色物流效率投入产出指标

指标类型	指标说明	具体指标	指标代码
投入指标	劳动力投入	物流业从业人数(万人)	X1
	资本投入	物流业固定资产投资额(亿元)	X2
	能源投入	物流业能源消耗量(万吨标准煤)	X3
产出指标	期望产出	物流业增加值(亿元)	Y1
		货物周转量(亿吨公里)	Y2
	非期望产出	物流业 CO 排放量(万吨)	Y3

1) 投入指标

劳动投入。选取交通运输业、仓储业和邮政业从业人员数量作为替代指标，单位为万人。

资本投入。选取交通运输业、仓储业和邮政业的固定资产投资额作为指标单位为亿元。

能源投入。选取在物流业消耗量排名靠前的 6 项能源，并根据折算系数将这 6 项能源折算为标准煤的形式计量，单位为千克标准煤。计算公式为：标准煤量 = 能源消耗实物量 $\times$ 能源折算标准煤系数。即：

$$E = \sum_i^n C_i * E_i$$

其中， E 为能源的消耗总量， i 表示物流业能源消耗类型， C_i 为第 i 种能源的折算标准煤系数， E_i 为第 i 种

能源的消耗量。

2) 产出指标

期望产出。选取物流业增加值以及货物周转量作为期望产出。物流业增加值，单位为亿元。货物周转量是指运输货物的数量与运输距离的乘积，单位为亿吨公里。

非期望产出。选取二氧化碳综合排放量来衡量非期望产出，以原煤、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气这 6 种物流业主要能源的能耗量为计算二氧化碳排放的基础数据，单位为万吨，用碳排放系数法进行计算。其中各能源的数据均来自《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》(如表 2)，计算得出各能源的二氧化碳排放系数，计算公式为：

$$CO_2 = \sum_i^n co_{2,i} = \sum_{i=1}^n E_i \times CC_i \times CF_i \times COF_i \times \frac{44}{12}$$

公式中 i 表示能源类别； E_i 表示第 i 种能源的消耗量； CC_i 是第 i 种能源的基本元素碳含量； CF_i 为第 i 种能源的热量值； COF_i 为第 i 种能源的碳氧化率。其中 $E_i \times CC_i \times CF_i \times COF_i \times \frac{44}{12}$ 表示的是 CO_2 的排放系数。

Table 2. Coefficient of conversion from 6 main energy sources to standard coal in the logistics industry and conversion coefficient of CO_2 emissions

表 2. 物流业 6 种主要能源折标准煤系数及折算 CO_2 排放系数

	原煤	汽油	煤油	柴油	燃料油	天然气
折算系数(kg 标准煤/kg)	0.7143	1.4714	1.4714	1.4571	1.4286	1.215
CO_2 : 排放系数(kg CO_2 /kg)	1.9003	2.9251	3.0179	3.0959	3.1705	2.1622

4. 实证分析

4.1. 华东地区物流效率静态分析

本文基于非期望超效率 SBM 模型，利用 SBMRUN 软件对华东区域绿色物流发展效率进行测算，得到当期规模报酬不变条件下超效率 SBM 模型下的物流效率。并对得出一定结果进行数据分析，绘制出效率变化图如图 1 所示，后文的研究也选择以规模报酬不变条件下测算绿色物流发展效率值。

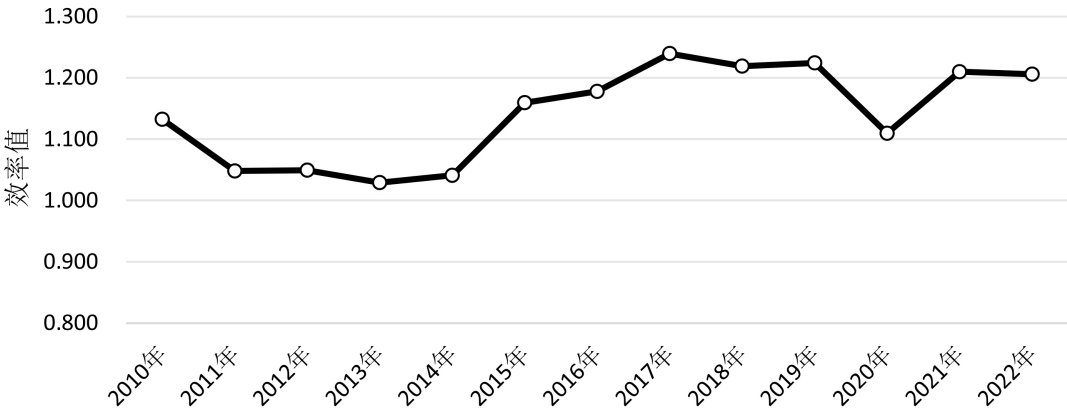


Figure 1. Trend of green logistics development efficiency in East China

图 1. 华东地区绿色物流发展效率变化趋势

从上图可以看出从 2010 年到 2022 年, 效率值总体上升, 但波动明显。2010~2014 年为初始波动期, 效率值在 1.03~1.13 之间波动, 但呈现轻微下降趋势, 可能与区域发展不平衡或早期技术不成熟有关; 2015~2019 年为显著上升期, 效率值持续上升, 从 1.1593 增至 1.2242。这反映绿色物流政策如节能减排技术推广见效, 区域协同发展增强; 2020~2022 年为疫情影响与恢复期, 效率值显著下降, 主要因新冠影响导致供应链中断。但 2021~2022 年快速恢复到之前的水平, 接近 2019 年水平, 表明韧性较强。

为了更深入分析华东地区绿色物流发展效率的演变规律, 表 3 呈现了该地区各省份历年的效率值, 图 2 则直观反映了各省份效率值的变化趋势。

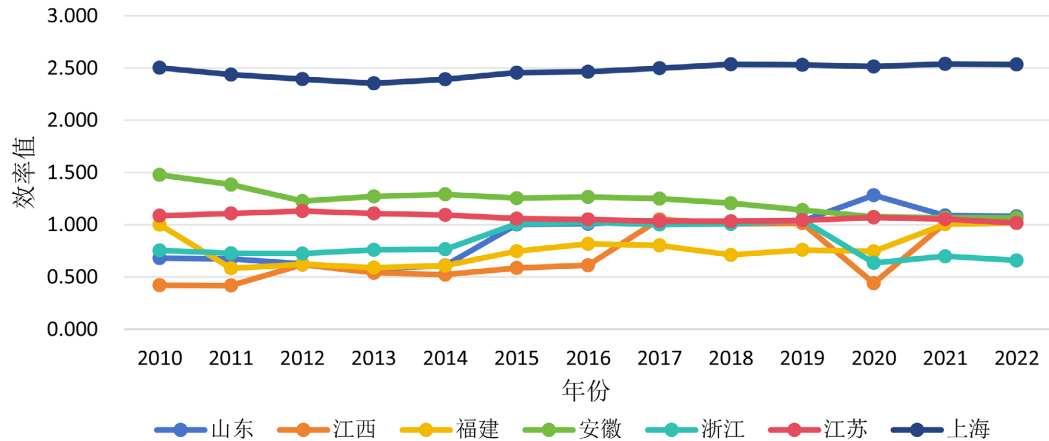


Figure 2. Trend of logistics efficiency changes in each province of East China

图 2. 华东地区各省份物流效率变化趋势

Table 3. Development efficiency of green logistics in each province of East China

表 3. 华东地区各省份绿色物流发展效率

年份	山东	江西	福建	安徽	浙江	江苏	上海	华东地区均值
2010	0.681	0.422	1.001	1.477	0.755	1.087	2.502	1.132
2011	0.674	0.420	0.584	1.385	0.728	1.108	2.437	1.048
2012	0.626	0.619	0.621	1.227	0.725	1.132	2.394	1.049
2013	0.578	0.540	0.590	1.272	0.760	1.108	2.354	1.029
2014	0.611	0.523	0.609	1.292	0.766	1.094	2.392	1.041
2015	1.003	0.586	0.748	1.255	1.009	1.059	2.456	1.159
2016	1.011	0.613	0.817	1.266	1.022	1.051	2.464	1.178
2017	1.037	1.052	0.802	1.251	1.003	1.034	2.498	1.240
2018	1.027	1.009	0.712	1.207	1.009	1.033	2.536	1.219
2019	1.035	1.015	0.759	1.140	1.046	1.042	2.531	1.224
2020	1.283	0.441	0.746	1.076	0.636	1.070	2.515	1.109
2021	1.088	1.015	1.006	1.067	0.699	1.054	2.540	1.210
2022	1.082	1.062	1.018	1.067	0.658	1.018	2.535	1.206
均值	0.903	0.717	0.770	1.229	0.832	1.069	2.473	1.142

从上表中可以看出, 上海的物流效率远超其他省份, 处于领先地位。在全国范围内发挥着重要的示范作用。江苏在物流效率方面表现稳定, 处于中上水平。该省物流系统效率稳定高于 1, 具备较强的市场竞争力。安徽处于中上水平, 但效率呈现出一定的波动性, 尽管早期表现突出, 近年来其物流效率出现了小幅回落。浙江的物流效率处于中等偏下水平, 表现出较大的波动性。福建的物流效率也处于中等偏下水平, 尽管整体表现不高, 但近年来有所改善。尤其是自 2021 年后, 福建的物流效率突破了 1, 显示出该省在物流领域逐步提升的潜力。山东则在近年来显著改善了其物流效率, 提升至中等水平。山东的进步表明其物流体系逐步适应了经济转型的需求, 并通过提高效率来应对区域经济发展的挑战。江西的物流效率则相对落后。整体上江西的物流效率处于较低水平。

从上图我们可以看出各省份整体的变化趋势, 上海表现出高位趋稳的态势。自 2010 年达到峰值后, 在 2013 年经历了效率下滑至谷底, 但在 2022 年稳定在 2.53 的水平。主要在于早期土地和人力成本上升影响了效率。江苏则以稳健型标杆的姿态保持长期稳定, 效率波动较小。其原因在于均衡的制造业布局支撑了物流需求, 同时沿江的港口群, 如苏州和南京港, 通过提升多式联运效率, 进一步增强了物流效率。安徽的物流效率呈现高开缓降的趋势, 从 2010 年峰值 1.447 到 2022 年回落至 1.07。这一变化的原因在于早期安徽承接了长三角地区的产业转移, 带来了短期效率的跃升。但在扩张过程中, 安徽未能同步提升管理能力, 效率逐渐回落。浙江的物流效率波动显著, 2010 年为 0.75, 至 2019 年达到峰值 1.05, 然后在 2020 年受疫情影响骤降至 0.64。浙江的民营物流企业灵活性强, 推动了 2015 年后的效率提升, 但 2020 年由于外贸受到疫情冲击, 其抗风险能力衰弱, 导致了效率的大幅下滑。福建在后期取得了突破, 福建的早期物流依赖于厦门港, 内陆物流薄弱。然而, 自 2015 年起, “海丝”核心区的建设提升了省内物流网络, 使得福建的效率逐步回升。山东在 2014 年前的物流效率一直低迷, 但自 2015 年起出现了显著的跃升, 效率跳增至 1.00 并维持在高位。山东的这一变化与“互联网 + 物流”政策的推动密切相关, 提升了整体效率。江西的物流效率则经历了异动后企稳的过程。长期低迷后, 2017 年突增至 1.05, 并保持在 1.0 左右。江西早期基础设施较为落后, 但随着 2017 年赣深高铁的开通, 打通了南北通道, 并融入了大湾区的供应链。

4.2. 华东地区物流效率动态分析

在运用非期望超效率 SBM 模型评估华东地区绿色物流静态效率的基础上, 为深入考察技术变动对全要素生产率的贡献并揭示效率值的跨期动态特征, 本文进一步采用相邻参比的 Malmquist-Luenberger 指数, 从区域整体和分省视角对绿色物流发展效率进行了动态分析(如图 3)。

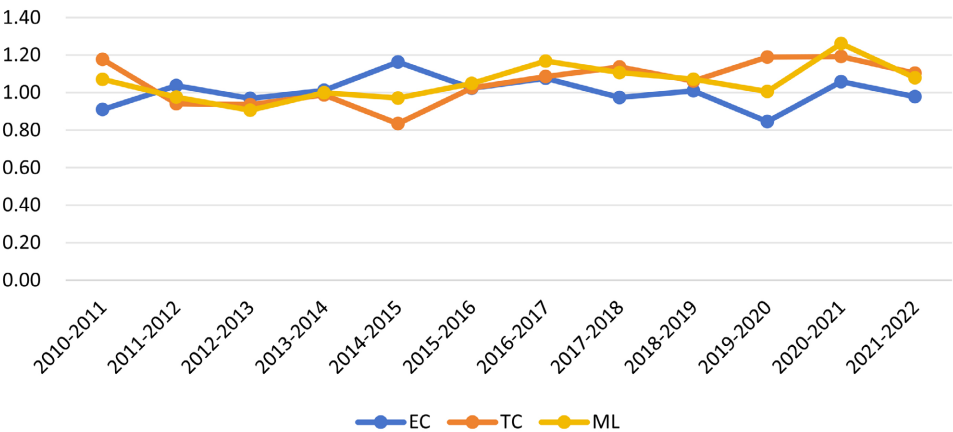


Figure 3. Trend of total factor productivity changes in East China
图 3. 华东地区全要素生产率变化趋势

从 2010 年至 2022 年，全要素生产率呈现出显著的“U 型复苏”态势，技术进步成为推动全要素生产率增长的核心引擎。具体来看，2010 至 2015 年，TFP 表现出波动下降的趋势，数值从 1.07 降至 0.97，期间经历了四次衰退，仅 2010 年出现了正增长。然而，自 2016 年起，全要素生产率进入了一个持续上升的阶段，数值从 1.05 逐步增长至 1.17。2017 年，TFP 达到了这一阶段的峰值，显示出技术创新的强大推动力。这一时期，技术双驱动成为经济增长的主要动力，既包括技术创新本身的进步，也包括技术应用和产业升级的加速。进入 2020 年，虽有疫情影响，但全要素生产率却依然展现出强劲的反弹力，数值从 1.01 回升至 1.26，表现了技术进步的主导作用。在疫情后期，数字经济快速发展，使得全要素生产率在短期内实现了强势反弹，技术进步成为推动经济复苏的关键力量。

为了更进一步观察华东地区全要素生产率的具体变化，表 4 列出了华东地区每年各省份效率技术效率水平(EC)、技术进步水平(TC)、全要素生产率(ML)。

Table 4. Technical efficiency levels, technological progress levels, and changes in total factor productivity for each province
表 4. 各省份技术效率水平、技术进步水平、全要素生产率变化值

省份	物流效率	2010~2011	2011~2012	2012~2013	2013~2014	2014~2015	2015~2016
山东	ML	1.280	0.869	0.722	1.092	1.009	1.149
	TC	1.293	0.935	0.783	1.034	0.615	1.140
	EC	0.990	0.929	0.923	1.057	1.641	1.008
江西	ML	1.070	1.279	0.863	0.696	0.942	1.022
	TC	1.075	0.868	0.989	0.719	0.840	0.978
	EC	0.995	1.474	0.873	0.968	1.122	1.045
福建	ML	0.861	0.998	0.924	1.078	1.054	1.109
	TC	1.476	0.938	0.972	1.045	0.858	1.015
	EC	0.584	1.064	0.950	1.032	1.227	1.093
安徽	ML	0.999	0.822	1.014	1.000	0.927	1.002
	TC	1.066	0.928	0.978	0.984	0.954	0.993
	EC	0.938	0.886	1.037	1.016	0.971	1.009
浙江	ML	1.100	0.957	0.982	1.029	1.083	1.078
	TC	1.142	0.960	0.936	1.022	0.822	1.064
	EC	0.964	0.996	1.049	1.007	1.318	1.013
江苏	ML	1.221	1.018	0.945	0.979	0.848	1.002
	TC	1.198	0.997	0.966	0.991	0.876	1.009
	EC	1.019	1.022	0.979	0.987	0.968	0.993
上海	ML	1.017	0.946	0.927	1.202	0.951	0.988
	TC	1.044	0.963	0.942	1.183	0.927	0.984
	EC	0.974	0.982	0.983	1.016	1.026	1.003

省份	物流效率	2016~2017	2017~2018	2018~2019	2019~2020	2020~2021	2021~2022
山东	ML	1.170	1.101	1.076	1.275	0.861	1.087
	TC	1.140	1.111	1.068	1.028	1.015	1.093
	EC	1.026	0.990	1.008	1.240	0.848	0.995
江西	ML	1.749	0.993	1.001	0.669	1.776	1.111
	TC	1.019	1.035	0.995	1.541	1.484	1.188
	EC	1.717	0.959	1.006	0.434	1.197	0.935
福建	ML	1.161	1.170	1.257	1.158	1.558	1.211
	TC	1.182	1.319	1.178	1.178	1.156	1.196
	EC	0.982	0.887	1.067	0.983	1.348	1.012
安徽	ML	1.001	1.069	0.969	0.975	1.145	1.027
	TC	1.013	1.108	1.025	1.033	1.154	1.027
	EC	0.988	0.965	0.945	0.944	0.992	1.000
浙江	ML	1.081	1.177	1.129	0.849	1.393	1.105
	TC	1.103	1.169	1.088	1.397	1.267	1.173
	EC	0.981	1.006	1.037	0.607	1.099	0.942
江苏	ML	1.006	1.092	1.054	1.185	1.297	0.978
	TC	1.023	1.093	1.045	1.155	1.316	1.013
	EC	0.984	0.999	1.009	1.026	0.986	0.965
上海	ML	1.145	1.156	1.037	1.073	1.032	1.044
	TC	1.130	1.138	1.039	1.080	1.021	1.046
	EC	1.014	1.015	0.998	0.994	1.010	0.998

根据上述表格我们可以看出，福建省的全要素生产率以 1.12 的均值在七个省中排名第一，主要得益于强劲的技术进步，特别是在 2017 至 2018 年，技术进步迅速提高，推动了 ML 的增长。然而，尽管 ML 水平持续较高，但技术效率长期处于基准水平，并且在 2010~2011 年出现明显下滑。上海市的全要素生产率表现稳定，ML 波动较小，13 年中的 10 年 ML 超过 1，展示了强大的抗风险能力。江苏省的全要素生产率表现稳健，ML 均值为 1.05，技术和效率的协同性良好。然而，2014 至 2015 年由于技术进步急剧下降，ML 曾出现衰退。浙江省的全要素生产率波动较大，因供应链问题，技术效率大幅下降，ML 跌幅达到 32%。山东省通过提高管理效率实现转变，尽管技术投入相对薄弱，但管理效能弥补了技术下滑的影响。江西省的全要素生产率波动性最强，2019 至 2020 年技术效率大幅下滑，ML 指数下降。次年 ML 反弹至较高水平。这种忽高忽低增长说明了江西在基础设施方面的脆弱性。安徽省的全要素生产率持续低迷，ML 均值仅为 0.99，主要问题在于技术效率的持续下滑。

5. 结论与展望

华东地区绿色物流的静态效率表现存在明显的梯度分化，上海处于区域的核心地位，其效率显著高于其他省份。江苏和安徽构成第二梯队，而福建、浙江、山东和江西等省的效率长期低于区域均值。各

省的效率驱动模式差异也较为明显, 上海依靠技术与管理的双轨均衡发展, 安徽则由于产业转移初期的红利逐渐消退而面临挑战, 而浙江则由于外贸依赖度过高, 导致其抗风险能力较弱。

在动态演进方面, 华东绿色物流呈现出三个阶段的特征: 波动调整期(2010~2015 年), 技术效率出现下降; 技术转型期(2016~2019 年), 技术进步与效率改善双驱动, 区域效率出现显著上升; 韧性重构期(2020~2022 年), 疫情影响下, 尽管技术效率大幅下降, 但技术进步逆势增长, 推动了效率的恢复。总体来看, 技术进步成为效率增长的主要驱动力, 区域内技术进步普遍高于管理效能, 部分省份存在技术转化率低的问题。

基于这些发现, 政策建议主要聚焦于补齐管理效能短板、构建技术转化机制和强化区域韧性网络。安徽需要加强产业与物流协同, 提升冷链物流的覆盖率; 浙江应推动民营企业的运营标准化, 提升管理效率; 同时, 建议建立智慧物流共享平台, 推广优秀的管理经验。还需要通过在特定区域布局应急多式联运节点来提升供应链恢复能力。

总而言之华东绿色物流升级需突破“重技术轻管理”瓶颈, 通过省际协同、韧性基建与政策创新, 构建“效率-低碳-韧性”的发展范式, 为全国提供可复制的区域实践样板。

参考文献

- [1] Markovits-Somogyi, R. and Bokor, Z. (2014) Assessing the Logistics Efficiency of European Countries by Using the DEA-PC Methodology. *Transport*, **29**, 137-145. <https://doi.org/10.3846/16484142.2014.928787>
- [2] 刘华军, 郭立祥, 乔列成, 石印. 中国物流业效率的时空格局及动态演进[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(5): 57-74.
- [3] 毕延超. 中国区域绿色物流效率评价及影响因素分析[J]. 福建金融管理干部学院学报, 2024(1): 65-74.
- [4] 刘小兰, 朱颖. 中国物流业绿色发展效率时空演化及因素分解研究[J]. 中国市场, 2023(25): 168-172.
- [5] Liu, J., Li, S. and Ji, Q. (2021) Regional Differences and Driving Factors Analysis of Carbon Emission Intensity from Transport Sector in China. *Energy*, **224**, Article ID: 120178. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120178>
- [6] 武佩剑, 薛建涛, 朱岚岚. 中国绿色物流效率评价与提升路径研究[J]. 安徽理工大学学报(社会科学版), 2022, 24(6): 10-21.
- [7] 何景师, 王术峰, 徐兰. 碳排放约束下我国三大湾区城市群绿色物流效率及影响因素研究[J]. 铁道运输与经济, 2021, 43(8): 30-36.
- [8] 薛阳, 李曼竹, 王健康, 等. 黄河流域九省区绿色物流效率评价研究——基于三阶段 DEA 模型[J]. 环境科学与管理, 2022, 47(2): 67-72.
- [9] 原雅坤. “碳约束”下黄河流域物流效率影响分析[J]. 中国航务周刊, 2024(25): 60-63.
- [10] 徐超毅, 齐豫. 我国区域物流业绿色发展效率测度和空间分析——以华东地区为例[J]. 生态经济, 2023, 39(4): 81-88.
- [11] 刘宇, 黄玉桂, 张思宇, 等. 江西省物流效率时空变迁研究[J]. 江西理工大学学报, 2024, 45(5): 59-66.
- [12] 刘盼盼. 基于 DEA 模型云南物流效率评价及对策研究[J]. 中国物流与采购, 2022(16): 75-76.
- [13] 李卫忠, 李星星. 环境规制下广东省物流业绿色技术效率实证研究[J]. 五邑大学学报(社会科学版), 2021, 23(3): 57-62, 93-94.
- [14] 张永胜. 区域物流效率评价及其影响因素分析——基于广西地区的实证数据[J]. 商业经济研究, 2022(12): 111-114.